



EL FOTOPERIODO COMO MODULADOR DEL CRECIMIENTO EN *Dahlia campanulata* SAAR, P. D. SØRENSEN & HJERT

PHOTOPERIOD AS A GROWTH MODULATOR IN *Dahlia campanulata* SAAR, P. D. SØRENSEN & HJERT

Eddi F. Jiménez-Ruiz¹, Juan Martínez-Solís¹, José M. Mejía-Muñoz¹,
Eliseo Sosa-Montes^{2*} y Ma. de Jesús Juárez-Hernández¹

¹Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Departamento de Fitotecnia, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. ²UACH, Departamento de Zootecnia, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia (esosamontes@yahoo.com.mx)

RESUMEN

La dalia es una especie nativa de México, es considerada la flor nacional y cuenta con diversos usos, como ornamental y medicinal; además, por su alto contenido de inulina, puede ser usada como alimento para humanos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del fotoperiodo sobre el crecimiento de la parte vegetativa y tuberización de *Dahlia campanulata*. Para tener certeza sobre su procedencia, las plantas de dalia se obtuvieron por semilla; éstas crecieron durante 60 días bajo los siguientes tratamientos: 1) fotoperiodo de día corto (FDC, 10 horas de luz:14 horas de oscuridad), 2) fotoperiodo de día largo (FDL, 14 horas de luz:10 horas de oscuridad) y 3) testigo (plantas a cielo abierto, 13 horas de luz natural en promedio). Los tratamientos (fotoperiodos) se evaluaron cada 10 días, a partir de los 10 días después del trasplante (dat) bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y una planta como unidad experimental. Se aplicó análisis de varianza y las medias de las variables se compararon por medio de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Las variables de respuesta se obtuvieron tanto de la parte aérea como de la raíz; a los 60 ddt, la longitud del primer nudo al ápice (13.2 cm), número de hojas (41.2), número de brotes axilares (12.0) y peso seco de hojas (2.1 g) fueron mayores con FDL que con FDC; por el contrario, FDC produjo mayor diámetro de raíz tuberosa principal y lateral (1.2 y 1.7 cm, respectivamente) que FDL. En general, las variables de las plantas con ajuste de luz fueron iguales o mejores que las del tratamiento testigo (luz natural). En conclusión, el fotoperiodo afecta el crecimiento de *Dahlia campanulata*. El fotoperiodo de día largo propicia mejor crecimiento de la parte vegetativa, mientras que el fotoperiodo de día corto favorece el crecimiento de las raíces tuberosas.

Palabras clave: luz, oscuridad, raíces tuberosas, tuberización.

SUMMARY

Dahlia is a species native to Mexico, it is considered the national flower and has several uses such as ornamental, medicinal and nutritional. In addition, due to its high content of inulin, it can be used as food for humans. The objective of this study was to evaluate the effect of photoperiod on the growth of the aerial part and tuberization of *Dahlia campanulata*. To be certain of their origin, dahlia plants were obtained by seed; these grew for 60 days under the following treatments: 1) short day photoperiod (SDP, 10 hours light:14 hours dark), 2) long day photoperiod (LDP, 14 hours light:10 hours dark) and 3) control (outdoor plants, 13 hours natural light on average). Treatments (photoperiods) were evaluated every 10 days, starting 10 days after transplanting (dat) under a completely randomized design with five

replications and a plant as the experimental unit. Analysis of variance was applied and means were compared by the Tukey test ($P \leq 0.05$). Response variables were obtained from both the aerial part and the root; at 60 dat, the length from the first node to the apex (13.2 cm), number of leaves (41.2), number of axillary sprouts (12.0) and leaf dry weight (2.1 g) were greater with LDP than with SDP; conversely, SDP produced larger diameter of main and lateral tuberous root (1.2 and 1.7 cm, respectively) than LDP. In general, the variables of plants with light adjustment were equal to or better than those of the control treatment (natural light). In conclusion, photoperiod impacts the growth of *Dahlia campanulata*. The long-day photoperiod promotes better growth of the vegetative part, while the short-day photoperiod favors the growth of tuberous roots.

Index words: dark, light, tuberization, tuberous roots.

INTRODUCCIÓN

La dalia tiene diversos usos, tales como ornamental y alimenticio; por el primero fue llevada a Europa; además, sus flores y raíces se usan para preparar diversos platillos (Treviño *et al.*, 2010).

La luz es importante para la fotosíntesis como fuente de energía y ésta se puede manipular controlando la irradiación y la duración de la luz (duración del día, fotoperiodo). Los ciclos de luz se usan tradicionalmente para denotar el fotoperiodo de una planta. Mientras que *Larix*, necesita días largos para germinar, los esquejes de dalia necesitan condiciones de días cortos para desencadenar la formación de raíces tuberosas (Davies *et al.*, 2017).

En condiciones de días cortos a fines del otoño y principios del invierno, el fotoperiodo se puede extender mediante la iluminación con luz incandescente o de alta intensidad; por el contrario, en condiciones de días largos, a fines de la primavera y en el verano, el fotoperiodo se puede acortar cubriendo las plantas madre y los esquejes con tela negra o plástico que elimine la luz (Davies *et al.*, 2017).

El fotoperiodo afecta el desarrollo de las raíces tuberosas y la inducción floral en dalia (*Dahlia × hortorum*) (Zimmerman y Hitchcock, 1929); al respecto, Moser y Hess (1968) reportaron que cuando la duración del día es más corta que el período crítico (11 a 12 horas), la planta almacena energía en las raíces tuberosas a expensas del crecimiento de los brotes. Brondum y Heins (1993) reportaron que el fotoperiodo tuvo una mayor influencia en el desarrollo vegetativo que en el reproductivo de *Dahlia pinnata* cv. Royal Dahlietta Yellow y observaron un aumento en el peso de las raíces tuberosas con fotoperiodos decrecientes (16 a 10 h). Las plantas de día corto, como la dalia, se enfocan en emplear fotosintatos para la producción de órganos reproductivos, lo que resultará en una falta de crecimiento y desarrollo de las partes vegetativas. El uso de lámparas LED, de halógeno y la combinación de ambas, aumenta los días a floración, incrementa el crecimiento y produjo mayor peso del tallo en dalia Karma Serena (Mills-Ibibofori et al., 2019).

Dahlia campanulata posee potencial para la producción de raíces tuberosas que se pueden usar como alimento para humanos. Existe poca información con respecto al estudio del fotoperiodo en esta especie. Fotoperiodos de días cortos aumentan en 156 % la concentración de inulina en la raíz de plántulas de dalia (Legnani y Miller, 2000). No se encontró información sobre el efecto del fotoperiodo en *Dahlia campanulata* cultivada en campo; por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del fotoperiodo sobre el desarrollo vegetativo y la tuberización de *Dahlia campanulata* para obtener material para propagación y como alimento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se usaron plantas de *Dahlia campanulata* obtenidas a partir de semillas recolectadas por la Red de Dalia del SINAREFI en 2005. La colecta se realizó en una superficie estimada de 2 km² al margen de la carretera de Huajuapán de León a Villa de Tamazulapán del Progreso, en el km 35, así como al margen del río Mixteco, en la rancharía de Río del Oro, Oaxaca, México. El clima del lugar es Cw, intermedio entre los secos, con una temperatura máxima de 24.1 °C, media de 15.3 °C y mínima de 9.3 °C, altitud de 2125 msnm y precipitación anual de 754 mm (SMN, 2022a). Las semillas se almacenaron a 4 °C después de la colecta.

La siembra se hizo en charolas de unisel de 200 cavidades, usando como sustrato húmedo perlita y peat moss en una relación 1:1. La semilla se depositó a una profundidad de 1 cm, cubriendo el semillero con bolsas plásticas oscuras y manteniéndolas bajo sombra a una temperatura entre 18 y 30 °C; la germinación sucedió entre

3 y 5 días después de la siembra.

A los 15 días después de la germinación se realizó el trasplante de las plántulas en bolsas negras de 15 cm de diámetro, en un sustrato igual al de la germinación. Se aplicó riego cada tercer día de acuerdo con la demanda de la planta. Cada 15 días se aplicó fertilizante soluble (Ultrasol multipropósito 18-18-18), 1 g L⁻¹ de agua.

El experimento se realizó durante julio y agosto a cielo abierto, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo (19° 29' 05" LN, 98° 53' 11" LW), en julio la duración del día en promedio fue de 13 h con 14 min, temperatura máxima de 24.3 °C, media 17.5 °C y mínima de 10.7 °C, en agosto la duración promedio del día fue de 12 h con 49 min, temperaturas máxima 24.5 °C, media 17.5 °C y mínima 10.5 °C (SMN, 2022b).

Las plantas se asignaron a tres fotoperiodos: 1) día corto (FDC, 10 h de luz, de 8:00 am a 6:00 pm), 2) día largo (FDL, 14 h de luz, con interrupción; es decir, luz natural de 8:00 am a 6 pm, 2 h de oscuridad total y luz artificial de 8:00 pm a 12:00 am, utilizando un foco de 100 W de luz incandescente, y 3) testigo (T, 13 h promedio con luz natural de día; no se midió la intensidad de la luz).

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con cinco repeticiones, las evaluaciones fueron destructivas y se realizaron cada 10 días, a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después del trasplante (ddt). Se utilizó una planta como unidad experimental.

Se evaluaron las siguientes variables morfológicas de la parte vegetativa o parte aérea: altura de planta (AP, cm), número de hojas (NH), incluidas las hojas de los brotes axilares, longitud del primer nudo al ápice (LPNA, cm), número de nudos (NN), número de brotes axilares (NBA), diámetro de la base del tallo (DBT, cm), peso seco de hojas (PSH, g). Como variables del crecimiento de raíz se midieron: diámetro de la raíz tuberosa lateral (DRTL, cm), diámetro de la raíz tuberosa principal (DRTP, cm), longitud de raíces fibrosas y tuberosas (LRFT, cm), número de raíces tuberosas (NRT), longitud de raíz tuberosa principal (LRTP, cm), longitud de raíz tuberosa lateral (LRTL, cm) y peso seco de raíces fibrosas y tuberosas (PSRFT, g).

Las longitudes y alturas se evaluaron con un vernier digital (Neiko Modelo 01407A, Conegliano, Veneto, Italia). Las hojas y raíces tuberosas se secaron en una estufa a 50 °C, hasta obtener un peso constante y registrar el peso final, usando una balanza analítica (EX125 D, Ohaus, Parsippany, New Jersey, EUA).

Los datos se analizaron con análisis de varianza y la comparación de medias se realizó usando la prueba de medias de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0.05$) con el programa SAS, Ver. 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento vegetativo

A los 60 ddt, las alturas de la planta de los tratamientos testigo y FDL fueron estadísticamente iguales y mayores ($P \leq 0.05$) que la de las plantas con FDC, valor que fue 10.3 % menor con respecto al producido por FDL (Cuadro 1). Contrariamente, el número de hojas de las plantas testigo y FDC fueron iguales pero menores en comparación con FDL, y el valor producido por el tratamiento FDL fue mayor (22.3 %) que el producido por FDC (Cuadro 1).

La longitud del primer nudo al ápice (Cuadro 1) fue diferente a partir de los 20 ddt. A los 50 y 60 ddt el valor producido por FDC fue menor ($P \leq 0.05$) que los producidos por las plantas testigo y por las del FDL. Como en el caso de la altura, a los 60 ddt, FDC produjo una longitud del primer nudo al ápice 20.8 % menor que la producida por las plantas testigo y 9.5 % menor que la producida por FDL.

Legnani y Miller (2000) observaron que las plántulas de dalia Sunny Rose, cultivadas en días cortos alcanzaron su máxima altura a los 28 ddt, mientras que las cultivadas en días largos continuaron creciendo. En el presente estudio se presentaron diferencias estadísticas a partir de los 40 ddt, seguido de los 50 y 60 ddt, el tratamiento FDC produjo menor altura de planta que el FDL y el testigo.

Estudios con dalia Sunny Rose mostraron que a los 28 ddt no hubo cambio sustancial en el número promedio de hojas, pero mostraron mayor área foliar con fotoperiodo largo que con fotoperiodo corto, y a los 42 ddt las plantas con fotoperiodo largo tuvieron aproximadamente cuatro hojas más (Legnani y Miller, 2000). Aunque la dalia produce rápidamente flor bajo fotoperiodo corto, los fotoperiodos largos aumentan visiblemente su altura y su parte vegetativa (Runkle, 2002).

El número de nudos mostró diferencias sólo a los 40 y 50 ddt (Cuadro 1). En todos los días evaluados, FDC produjo en las plantas el mismo número de nudos que FDL. A los 50 ddt FDC y FDL produjeron 18.9 y 8.1 %, respectivamente, mayor número de nudos que el testigo. Según Brondum y Heins (1993), en *Dahlia pinnata* no hubo relación estadística significativa entre el fotoperiodo y el número de nudos, el cual fue influenciado principalmente por la temperatura.

Los brotes axilares se observaron hasta los 60 ddt (Cuadro 1); las plantas con FDL produjeron 66.7 % más brotes axilares que FDC. Brondum y Heins (1993) observaron en *Dahlia pinnata* cv. Royal Dahlietta Yellow que el número y la longitud de los brotes axilares aumentaron cuando el fotoperiodo pasó de 10 a 14 h. Durso y De Hertogh (1977) observaron en *Dahlia variabilis* Willd que el fotoperiodo corto inhibió la formación de brotes axilares. Estos resultados fueron similares a los obtenidos en el presente trabajo con *Dahlia campanulata*, donde el FDL produjo mayor número (66.7 %) de brotes axilares y mayor tamaño que en las plantas con FDC (Cuadro 1).

A los 50 días se detectaron efectos en el diámetro de la base del tallo ($P \leq 0.05$), el tratamiento FDC produjo en las plantas un diámetro 22.9 % menor que el tratamiento FDL y 24.5 % menor que el producido por las plantas testigo. A los 60 ddt FDC produjo un valor de diámetro de la base del tallo 15 % menor al que produjo FDL (Cuadro 1), pero los valores producidos por FDC y FDL fueron estadísticamente iguales. Este mismo efecto fue observado en *Lupinus varius* (L.), donde el fotoperiodo de día largo produjo mayor diámetro de la base del tallo con respecto al de día corto (Karaguzel *et al.*, 2005).

El peso seco de hojas a los 40, 50 y 60 ddt fue mayor con FDL y plantas testigo que con FDC (Cuadro 1). A los 60 ddt el efecto de FDL fue mayor (143.67 %) que el de FDC (Cuadro 1). Legnani y Miller (2000) observaron que el efecto del fotoperiodo largo en el peso seco de las hojas a los 28 ddt fue 167 % mayor que el efecto del fotoperiodo corto.

Crecimiento de la raíz

En general, a los 20 y 30 ddt, el diámetro de la raíz tuberosa principal fue mayor con FDC que con FDL; igualmente, a los 60 ddt éste fue 110.3 % mayor con FDC que con FDL. El diámetro de la raíz lateral a los 50 ddt fue mayor en las plantas con FDC (41.5 %) que en aquellas con FDL (Cuadro 2).

Dahlia campanulata desarrolló raíces tuberosas laterales de mayor diámetro y más cortas con FDC que con FDL. Un comportamiento similar se observó en la longitud de la raíz tuberosa principal a los 60 ddt (Cuadro 2), FDC produjo mayor valor, siendo estadísticamente igual al testigo y mayor (27.9 %) que FDL; sin embargo, la longitud de la raíz tuberosa lateral a los 60 ddt fue 60.4 % mayor con FDL que con FDC (Cuadro 2); similarmente, en la longitud de las raíces fibrosas y tuberosas (Cuadro 2) a los 60 ddt, las plantas con FDL fueron mayores (100.5 %) que aquellas con FDC.

Cuadro 1. Efecto del fotoperiodo en las variables vegetativas de *Dahlia campanulata*, de 10 a 60 días después del trasplante (ddt).

ddt	FP	AP (cm)	NH	LPNA (cm)	NN	NBA	DBT (cm)	PSH (g)
10	FDC	5.26 a	6.0 a	2.64 a	4.0 a	-	-	0.08 a
	FDL	5.40 a	6.4 a	2.50 a	4.0 a	-	-	0.09a
	T	5.12 a	6.0 a	2.30 a	4.2 a	-	-	0.13 a
	DSH	1.786	0.871	1.002	0.436			0.135
20	FDC	7.25 a	8.0 a	3.70 b	5.0 a	-	0.36 a	0.17 a
	FDL	7.72 a	8.0 a	5.45 a	5.0 a	-	0.33 a	0.21 a
	T	7.66 a	7.6 a	4.15 ab	4.8 a	-	0.38 a	0.20 a
	DSH	2.935	0.871	1.382	0.436		0.074	0.078
30	FDC	10.44 a	10.0 a	5.62 b	6.0 a	-	0.38 a	0.30 a
	FDL	12.44 a	10.4 a	8.11 ab	6.2 a	-	0.41 a	0.41 a
	T	11.90 a	10.0 a	8.34 a	6.0 a	-	0.39 a	0.34 a
	DSH	2.642	0.871	2.494	0.436		0.061	0.107
40	FDC	9.94 c	12.0 ab	6.97 b	7.0 ab	-	0.51 a	0.42 b
	FDL	14.10 b	13.2 a	9.10 a	7.6 a	-	0.45 a	0.68 a
	T	16.46 a	11.6 b	10.57 a	6.8 b	-	0.48 a	0.70 a
	DSH	1.953	1.378	2.447	0.689		0.257	0.159
50	FDC	11.04 c	15.6 ab	8.93 c	8.8 a	-	0.37 b	0.72 b
	FDL	14.04 b	21.2 a	10.84 b	8.0 ab	-	0.48 a	1.29 a
	T	19.32 a	12.8 b	12.32 a	7.4 b	-	0.49 a	1.31 a
	DSH	1.921	4.89	1.052	0.974		0.63	0.393
60	FDC	15.80 b	32.0 b	11.90 c	9.4 a	7.2 b	0.51 b	0.87 b
	FDL	17.62 a	41.2 a	13.15 b	9.6 a	12.0 a	0.60 ab	2.12 a
	T	19.32 a	31.6 b	15.03 a	9.0 a	8.0 ab	0.64 a	1.70 a
	DSH	2.027	11.24	1.197	1.232	4.268	0.101	0.549

Medias con letras iguales dentro de cada columna en cada ddt no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). FP: fotoperiodo, FDL: fotoperiodo de día largo, FDC: fotoperiodo de día corto, T: testigo, ddt: días después del trasplante, AP: altura de la planta, NH: número de hojas, LPNA: longitud del primer nudo al ápice, NN: número de nudos, NBA: número de brotes axilares, DBT: diámetro de la base del tallo, PSH: peso seco de hojas, DSH: diferencia significativa honesta.

Legnani y Miller (2000) observaron que las raíces tuberosas adventicias de dalia se originan a partir de la base hinchada de los tallos desde los 28 ddt. Dichos autores indicaron que, a los 42 ddt, las plantas con fotoperiodo corto desarrollaron raíces tuberosas notablemente grandes y redondas, mientras que las de fotoperiodo largo fueron delgadas y alargadas. Por otro lado, reportaron que plantas cultivadas en días largos tuvieron un sistema radical fibroso más extenso.

Por otra parte, a los 60 ddt, el número de raíces tuberosas fue mayor (41.2 %) con FDL que con FDC. El peso seco de

las raíces fibrosas y tuberosas no se afectó por causa del fotoperiodo (Cuadro 2). Moser y Hess (1968) señalaron que las plantas de dalia deben mantenerse continuamente en días cortos para lograr el máximo desarrollo de la raíz, y determinaron que hay poca tuberización en plantas cultivadas bajo fotoperiodos de día largo (12 horas o más). Ellos también observaron que el peso de raíces tuberosas se triplica en plantas expuestas a días cortos (11 horas o menos) con respecto a plantas expuestas a días largos.

En este estudio no se midió por separado el peso seco de las raíces tuberosas y fibrosas, pero se observó que

Cuadro 2. Efecto del fotoperiodo en el crecimiento de la raíz de *Dahlia campanulata*, de 10 a 60 días después del trasplante (ddt).

ddt	FP	DRTP (cm)	DRTL (cm)	LRFT (cm)	NRT	LRTP (cm)	LRTL (cm)	PSRFT (g)
10	FDC	-	-	8.54 a	-	-	-	0.045 a
	FDL	-	-	8.78 a	-	-	-	0.13 a
	T	-	-	6.76 a	-	-	-	0.037 a
	DSH	-	-	2.6647	-	-	-	0.1826
20	FDC	0.61 a	0.31 a	7.46 a	2.8 a	2.19 a	5.05 a	0.15 a
	FDL	0.38 b	0.52 a	7.74 a	2.2 a	1.12 a	4.89 a	0.15 a
	T	0.45 ab	0.30 a	7.30 a	2.4 a	1.28 a	4.96 a	0.11 a
	DSH	0.213	0.302	3.5923	1.2701	1.4691	2.0501	0.0699
30	FDC	0.72 a	0.59 a	7.72 a	3.8 a	1.75 a	5.45 a	0.63 a
	FDL	0.44 b	0.63 a	7.60 a	3.0 ab	1.16 a	4.83 a	0.53 a
	T	0.49 b	0.48 a	7.60 a	2.6 b	1.32 a	4.67 a	0.28 a
	DSH	0.215	0.176	1.8306	1.1931	0.774	0.813	0.4984
40	FDC	0.79 a	0.90 a	16.34 a	3.4 a	1.52 a	5.03 a	0.92 a
	FDL	0.46 a	0.78 a	18.10 a	3.2 a	1.29 a	4.64 a	1.08 a
	T	0.72 a	0.72 a	15.52 a	3.2 a	1.45 a	5.18 a	0.90 a
	DSH	0.351	0.243	6.0067	1.2701	0.3435	2.7366	0.3484
50	FDC	0.65 a	1.41 a	14.06 b	3.4 a	1.48 a	4.21 b	2.11 a
	FDL	0.55 a	0.96 b	24.72 a	4.4 a	1.40 a	6.55 a	2.11 a
	T	0.62 a	0.93 b	17.10 b	4.4 a	1.57 a	3.94 b	1.57 a
	DSH	0.251	0.233	4.8295	1.6589	0.3233	2.096	0.7226
60	FDC	1.22 a	1.67 a	11.46 b	3.4 b	1.97 a	4.07 b	3.07 a
	FDL	0.58 b	1.18 b	22.98 a	4.8 a	1.54 b	6.53 a	2.87 a
	T	0.90 ab	1.32 b	12.87 b	4.2 ab	1.65 ab	5.72 ab	3.48 a
	DSH	0.533	0.223	5.1089	1.0671	0.4225	2.0645	0.6669

Medias con letras iguales dentro de cada columna, en cada ddt, no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). FP: Fotoperiodo, FDL: fotoperiodo de día largo, FDC: fotoperiodo de día corto, T: testigo, ddt: días después del trasplante, DRTP: diámetro de la raíz tuberosa principal, DRTL: diámetro de las raíces tuberosas laterales, LRFT: longitud de raíces fibrosas y tuberosas, NRT: número de raíces tuberosas, LRTP: longitud de raíz tuberosa principal, LRTL: longitud de raíz tuberosa lateral, PSRFT: peso seco de raíces fibrosas y tuberosas, DSH: diferencia significativa honesta.

las raíces fibrosas son más abundantes con FDL que con FDC; ésto coincide con los resultados de Legnani y Miller (2000), quienes encontraron que el peso seco de las raíces fibrosas fue dos veces mayor con el fotoperiodo de día largo con respecto al fotoperiodo de día corto. En el presente estudio la proporción de raíces tuberosas fue mayor en las plantas de FDC que en aquellas de FDL, y contrariamente, el de las raíces fibrosas fue menor en las plantas de FDC que en aquellas de FDL.

El crecimiento de las plantas está regulado por varios factores, incluidos los estímulos ambientales como la luz, temperatura y nivel de fitohormonas endógenas (Raigond *et al.*, 2019). Las plantas cuentan con capacidad para regular su crecimiento, tanto por su propia genética como

en respuesta a las señales ambientales (Porta y Jiménez-Nopala, 2019); además, el crecimiento y desarrollo de las plantas está regulado por la interacción de estos factores (Raigond *et al.*, 2019). Varias hormonas están presentes, incluidas auxinas, citocininas, giberelinas y ácido abscísico (Kumari y Panigrahi, 2019; Mills-Ibibofori *et al.*, 2019).

Matsuo *et al.* (2019) mencionaron que la etiolación y el alargamiento del tallo disminuyen debido a que la irradiación de luz promueve la degradación del ácido giberélico (Wang *et al.*, 2008). Moser y Hess (1968) concluyeron que las plantas cultivadas durante días largos tienen altos niveles de giberelinas endógenas y bajos niveles de inhibidores, dando como resultado un crecimiento activo de la parte vegetativa, y cuando se inhibe el proceso de

tuberización, los metabolitos se translocan a los brotes en crecimiento. Raigond *et al.* (2019) también observaron que la concentración de ácido giberélico correlacionó positivamente con variables morfológicas vegetativas como la longitud de brotes y distancia entre nudos.

Bajo las condiciones de FDC, los valores de las siguientes variables disminuyeron: altura de planta, longitud del primer nudo al ápice, número de hojas, número de nudos, número de brotes axilares, diámetro de la base del tallo y peso seco de hojas (Cuadro 1); además, el FDC aumentó las siguientes variables: longitud de raíz tuberosa principal y diámetro de raíz tuberosa principal y lateral (Cuadro 2). Adicionalmente, el FDC disminuyó la longitud de raíces fibrosas y tuberosas (Cuadro 2), ya que disminuyó principalmente la cantidad de raíces fibrosas. Estos resultados coinciden con los de Moser y Hess (1968), quienes indicaron que la respuesta de la parte vegetativa es opuesta a la de la raíz; el fotoperiodo que promueve el crecimiento de la parte vegetativa, inhibe el de la raíz, debido a que las plantas cultivadas durante días largos tienen altos niveles de giberelinas endógenas y bajos niveles de inhibidores, dando como resultado un crecimiento activo de la parte vegetativa, y cuando se inhibe el proceso de tuberización, los metabolitos se translocan a los brotes en crecimiento.

Sarmiento y Kuehny (2004), en plantas de la familia Zingiberaceae, encontraron que el crecimiento vegetativo es óptimo bajo fotoperiodos de 16 a 20 h, mientras que fotoperiodos de 8 h aumentaron el número de raíces tuberosas. En crisantemo se observó que la altura, número de ramas, brotes, hojas y área foliar aumentan al alargar el fotoperiodo de 7.5 a 12 h; asimismo, aumentaron el tamaño y peso de las flores y los días a floración (Sajid *et al.*, 2016). Todos estos efectos se atribuyen a una mayor magnitud de la fotosíntesis cuando se alarga el periodo luminoso y por tanto aumenta la disposición de fotosintatos hacia las partes vegetativa y reproductiva (Sajid *et al.*, 2016). Raigond *et al.* (2019) también observaron que la concentración de ácido giberélico correlacionó positivamente con variables morfológicas vegetativas, como longitud de brotes y distancia de entrenudos; sin embargo, cuando disminuye la duración del fotoperiodo, las plantas de dalia y cosmos producen flores en lugar de hojas (Runkle, 2002); por ello, la dalia se considera de día corto (Meng y Runkle, 2015) y, al acortarse el fotoperiodo, comienza a acumular reservas en la raíz tuberosa principalmente en forma de inulina (Legnani y Miller, 2001); al avanzar el ciclo de cultivo, bajo un fotoperiodo corto se hace visible la producción de raíces tuberosas.

El fotoperiodo de día corto disminuye el tamaño y peso de la parte vegetativa; y contrariamente, aumenta el

tamaño y peso de la raíz tuberosa de *Dahlia campanulata*. El fotoperiodo puede usarse para modular el crecimiento de *Dahlia campanulata* y así obtener plantas para uso alimenticio (raíces tuberosas grandes con altos rendimientos en campo) o para uso ornamental (plantas de porte bajo, para maceta o arbustivas).

BIBLIOGRAFÍA

- Brondum J. J. and R. D. Heins (1993) Modeling temperature and photoperiod effects on growth and development of dahlia. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118:36-42, <https://doi.org/10.21273/JASHS.118.1.36>
- Davies F. T., R. L. Geneve S. B. Wilson, H. T. Hartmann and D. E. Kester (2017) Hartmann & Kester's Plant Propagation: Principles and Practices. Pearson-Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, USA. 1024 p.
- Durso M. and A. A. De Hertogh (1977) The influence of greenhouse environmental factors on forcing *Dahlia variabilis* Willd. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102:314-317, <https://doi.org/10.21273/JASHS.102.3.314>
- Karaguzel O., I. Baktirb, S. Cakmakcic, V. Ortacesmea, B. Aydinoglu and M. Atik (2005) Responses of native (*Lupinus varius* L.) to culture conditions: effects of photoperiod and sowing time on growth and flowering characteristics. *Scientia Horticulturae* 103:339-349, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.06.017>
- Kumari S. and K. C. S. Panigrahi (2019) Light and auxin signaling cross-talk programme root development in plants. *Journal of Biosciences* 44:26, <https://doi.org/10.1007/s12038-018-9838-2>
- Legnani G. and W. B. Miller (2000) Night interruption lighting is beneficial in the production of plugs of dahlia 'Sunny Rose'. *HortScience* 35:1244-1246, <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.7.1244>
- Legnani G. and W. B. Miller (2001) Short photoperiods induce fructan accumulation and tuberous root development in *Dahlia* seedlings. *New Phytologist* 149:449-454, <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2001.00055.x>
- Matsuo S., K. Nanya, S. Imanishi, I. Honda and E. Goto (2019) Effects of blue and red lights on gibberellin metabolism in tomato seedlings. *The Horticulture Journal* 88:76-82, <https://doi.org/10.2503/hortj.UTD-005>
- Meng Q. and E. S. Runkle (2015) Low-intensity blue light in night-interruption lighting does not influence flowering of herbaceous ornamentals. *Scientia Horticulturae* 186:230-238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.01.038>
- Mills-Ibibofori T., B. L. Dunn, N. Maness and M. Payton (2019) Effect of LED lighting and gibberellic acid supplementation on potted ornamentals. *Horticulturae* 5:51, <https://doi.org/10.3390/horticulturae5030051>
- Moser B. C. and C. E. Hess (1968) The physiology of tuberous root development in dahlia. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 93:595-603.
- Porta H. y G. Jiménez-Nopala (2019) Papel de las hormonas vegetales en la regulación de la autofagia en plantas. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 22:e160, <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.160>
- Raigond P., T. Buckseth, B. Singh, B. Kaundal, R. Kumar and B. P. Singh (2019) Influence of photoperiod and EDTA salts on endogenous gibberellic acid concentration of tissue culture grown potato microplants. *Agricultural Research* 8:176-183, <https://doi.org/10.1007/s40003-018-0364-0>
- Runkle E. (2002) Controlling photoperiod. *Grower* 101:90-93.
- Sajid M., N. U. Amin, H. Khan, A. Rehman and I. Hussain (2016) Influence of various photoperiods on enhancing the flowering time in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*). *International Journal of Biosciences* 8:115-123.
- Sarmiento M. J. and J. F. Kuehny (2004) Growth and development responses of ornamental gingers to photoperiod. *HortTechnology* 14:78-83, <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.14.1.0078>
- SMN, Servicio Meteorológico Nacional (2022a) Normales climatológicas por estado. Servicio Meteorológico Nacional. Ciudad de México.

<https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=oax> (Septiembre 2022).

SMN, Servicio Meteorológico Nacional (2022b) Normales climatológicas por estado. Servicio Meteorológico Nacional. Ciudad de México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mex> (Febrero 2022).

Treviño C. G., M. T. Martínez M., J. M. Mejía M. y E. Sosa M. (2010) Las Dalias Orgánicas en la Gastronomía. Universidad Autónoma Chapingo.

Chapingo, Estado de México. 78 p.

Wang C., B. L. Ma., J. Han, Y. Wang, Y. Gao, X. Hu and C. Zhang (2008) Photoperiod effect on phytochrome and abscisic acid in alfalfa varieties differing in fall dormancy. *Journal of Plant Nutrition* 31:1257-1269, <https://doi.org/10.1080/01904160802135027>

Zimmerman P. W. and A. E. Hitchcock (1929) Root formation and flowering of dahlia cuttings when subjected to different day lengths. *The Botanical Gazette* 87:1-13, <https://doi.org/10.1086/333921>